

DIALOG(R) File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat
(c) 2002 EPO. All rts. reserv.

12538174

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 7181414 A2 950721 <No. of Patents: 001>

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
JP 7181414	A2	950721	JP 93346285	A	931222 (BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 93346285 A 931222

PATENT FAMILY:

JAPAN (JP)

Patent (No,Kind,Date): JP 7181414 A2 950721

OPTICAL SCANNER (English)

Patent Assignee: OMRON TATEISI ELECTRONICS CO

Author (Inventor): TAKEMURA KENJI; GOTO HIROSHI; UMEDA HIDENOBU; IRIE
ATSUSHI; YONEDA MASAHIRO; OKURA KIYOTOSHI; YAMANAKA NORIMASA; IKEDA
MASAAKI

Priority (No,Kind,Date): JP 93346285 A 931222

Applic (No,Kind,Date): JP 93346285 A 931222

IPC: * G02B-026/10

Language of Document: Japanese

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-181414

(43) 公開日 平成7年(1995)7月21日

(51) Int. Cl.⁶
G 0 2 B 26/10

識別記号 庁内整理番号
1 0 1

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-346285

(22) 出願日 平成5年(1993)12月22日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 武村 賢治

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72) 発明者 後藤 博史

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72) 発明者 梅田 秀信

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中野 雅房

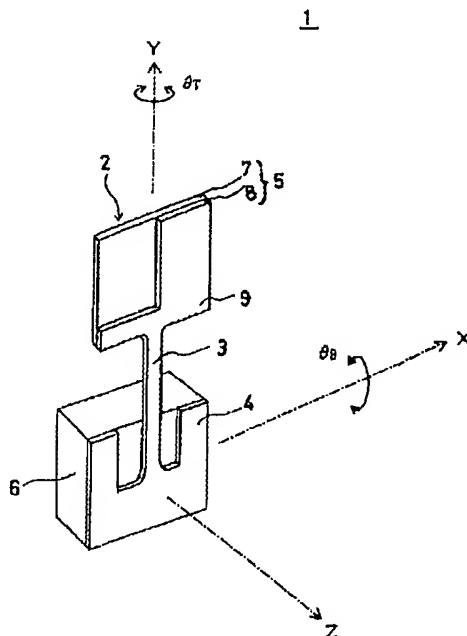
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スキャナ

(57) 【要約】

【目的】 小型で、長寿命で、しかも低電圧で大きな走査角度が得られる光スキャナを安価に提供する

【構成】 弾性変形部3と弾性変形部3の一端に設けられた振動入力部4と、その他端に設けられたほぼ逆L字状をしたミラー支持部8とからなるプレート9をベリリウム銅合金やステンレス鋼SUS631からプレス加工等により一体として作成する。このとき、弾性変形部3の厚さTと長さLの比 L/T をほぼ $100 \geq L/T \geq 50$ 、厚さTとその幅Wを $W \geq T$ となるように作成する。また、弾性変形部3と振動入力部4との接続部11及び弾性変形部3とミラー支持部8との接続部11に、その半径Rが $1 < R/W < 2$ となるような略円弧状をしたコーナー10a、11aを設ける。ミラー支持部8にはミラー7を設け、振動入力部4には圧電素子のような駆動源6を設けて光スキャナ1を作成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、
前記弾性変形部の厚さTと前記弾性変形部の長さLの比 L/T を、ほぼ $100 \geq L/T \geq 50$ とすることを特徴とする光スキャナ。

【請求項2】 少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、
前記弾性変形部と前記振動入力部との間の内隅部若しくは前記弾性変形部と前記スキャン部との間の内隅部に略円弧状のコーナを形成し、弾性変形部の幅Wと前記コーナの半径Rの比 R/W を、 $1 < R/W < 2$ とすることを特徴する光スキャナ。

【請求項3】 少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、
前記弾性変形部の前記振動入力部側の端部を前記加振源の表面中央に位置させたことを特徴とする光スキャナ。

【請求項4】 少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、
少なくとも前記弾性変形部を銅合金やアルミ合金、チタン合金などの減衰係数の小さな金属材料により作成することを特徴とする光スキャナ。

【請求項5】 前記金属材料はベリリウム銅合金であることを特徴とする請求項4に記載の光スキャナ。

【請求項6】 前記金属材料はステンレス鋼 SUS 631であることを特徴とする請求項4に記載の光スキャナ。

【請求項7】 前記金属材料は加工後の時効硬化処理の

不要な金属材料であることを特徴とする請求項4、5又は6に記載の光スキャナ。

【請求項8】 少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、

10 前記スキャン部を光ビーム反射用のミラー部と前記ミラー部の面積よりも小さな面積のミラー支持部とから構成し、前記ミラー支持部を前記弾性変形部の一端に設けたことを特徴とする光スキャナ。

【請求項9】 前記スキャン部の重心が前記弾性変形部の中心軸から外れるように、前記ミラー支持部の形状を前記中心軸に対して非対称としたことを特徴とする請求項8に記載の光スキャナ。

【請求項10】 請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9に記載の光スキャナにおいて、

20 前記弾性変形部の厚さTと前記弾性変形部の幅Wの関係を $W \geq T$ とすることを特徴とする光スキャナ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光スキャナに関する。具体的には、例えばレーザプリンタやバーコードリーダなどにおいて光を線状に走査させる光スキャナに関する。

【0002】

30 【従来の技術】 光学部品の小型軽量化の要求に応じるため、出願人は、単結晶シリコン基板をエッチングして作製した小型軽量の振動子（縦横各1.5mm、厚さ0.15mm、重量0.08g）を圧電素子で共振させるようにした超小型の2次元方向に走査可能な光スキャナを提案した。

【0003】 この従来例の光スキャナを図6及び図7に示す。図6に示す光スキャナ51に使用される振動子52は、曲げ方向（ θ_1 方向）及びねじれ方向（ θ_2 方向）に弾性変形モードを有する弾性変形部53の一端に振動入力部54を設け、他端に光ビーム反射用のスキャン部55を設け、スキャン部55の片軸部にスキャン部55の慣性モーメントを増大させるための慣性モーメント発生翼56を形成したものである。この振動子52の振動入力部54には圧電素子57が取り付けられており、弾性変形部53の曲げ変形モードの共振周波数 f_1 と等しい周波数の振動を圧電素子57から振動入力部54に印加すると、スキャン部55が θ_1 方向に回転し、弾性変形部53のねじれ変形モードの共振周波数 f_2 と等しい周波数の振動を圧電素子57から振動入力部54に印加すると、スキャン部55が θ_2 方向に回転する。しかし

て、スキャン部55に光ビームを照射していると、反射光が θ_1 方向もしくは θ_2 方向に走査される。

【0004】また、図7に示す光スキャナ61に使用される振動子52のスキャン部55は、弾性変形部53の軸心Pに対してほぼ左右対称な形状となっており、その表面には鏡面加工されたミラー面58が形成され、裏面の側端部には重り（偏心荷重）59が取り付けられている。したがって、図6に示す光スキャナ51の慣性モーメント翼56を除去した形状ものとなっていて、スキャン部55の大きさをできるだけ小さくして（例えば、縦横各5mm以下）空気抵抗が十分無視できるようにされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】これらの光スキャナ51、61に用いられる振動子52の材料として、主にSi（シリコン）やステンレス鋼SUS304が用いられてきた。

【0006】Siは減衰係数が小さいので加振源つまり圧電素子57に印加する電圧が低電圧でも大きな走査角を得られるという利点を有するが、その反面Siを用いて作成した振動子52にあつては、落下衝撃の際その衝撃波などの影響のため、弾性変形部53の弾性限界内であるにもかかわらず破壊してしまうという問題点があった。またSiウエハの材料費がステンレス鋼SUS304に比べて高いなどの問題点もあった。

【0007】一方SUS304は衝撃によっては破壊せず衝撃面では問題はないが、SUS304は減衰係数がSiに比べて大きいので、圧電素子57に大きな電圧を印加する必要があり、電源の小型化、低消費電力化の点で好ましくない。

【0008】また、SUS304は金属材料であるため長期間の使用によって疲労破壊を生じるという問題点があった。この点から、振動子52を高速で、かつ長期間の使用にも耐えられるようにするには、走査角を減少せたり、振動子52を大型化したりしなければならないという問題点があった。この問題点について以下具体的に説明する。

【0009】図8(a)に示すものはSN曲線又はウェーラ曲線と呼ばれるものである。このSN曲線は、図8(b)に示すように、例えば上記の振動子52のようにある部分（弾性変形部53）に応力が繰り返し負荷されるような場合であつて、上限応力を S_1 、下限応力を S_2 、 $S_m = (S_1 + S_2) / 2$ を平均応力、 $S_a = (S_1 - S_2) / 2$ を応力振幅として、平均応力 S_m が一定である場合に適用されるものであり、応力振幅 S_a を縦軸に、その応力振幅 S_a のもとである部分が破壊するまでの応力繰り返し数 N を横軸（対数目盛り）にとつて示した図である。

【0010】振動子52の破壊は、図8(a)のSN曲線で表わされるように振動子52に生じる応力振幅 S_a

と繰り返し回数 N で決まる。ここで、応力振幅 S_a 及び繰り返し回数 N は、それぞれ次の①式及び②式で表わされる。

$$S_a = \alpha \times T \times E \times \theta / L \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$N = f \times t \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

ここで、 α は弾性変形部の断面形状によって決まる定数、 T は弾性変形部の厚さ、 E は材料のヤング率、 θ は振動子の走査角、 L は弾性変形部の長さ、 f は駆動周波数（振動子の共振周波数 f ）及び t は使用時間である。

【0011】また、振動子の共振周波数 f は次の③式によって表わされる。

$$f = \sqrt{(K/I)} / 2\pi \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

ここで、 K は振動子のバネ定数、 I は慣性モーメントであつて、 K は次の④式で表わされる。

$$K = \beta \times W \times T^3 \times E / L \quad \cdots \cdots \textcircled{4}$$

なお、 β は比例定数、 W は弾性変形部の幅である。

【0012】図8(a)によれば、振動子を高速に（周波数 f を大きく）、かつ長時間（ t を大きく）使用する、つまり、大きな繰り返し回数 N で使用するためには、材料に負荷される応力振幅 S_a を小さくする必要がある。ここで、応力振幅 S_a を小さくするためには、①式からわかるように次の4つ方法が考えられる。

【0013】(ア) 振動子の走査角 θ を小さくする。

(イ) 弾性変形部の厚さ T を薄くする。

(ウ) 弾性変形部の長さ L を長くする。

(エ) ヤング率 E の小さな材料を使用する。

【0014】しかしながら、これらの方法を用いた場合には次のような問題点を生じることになる。つまり、

(ア) 振動子の走査角 θ を小さくすることは、光スキャナの機能低下につながる。

(イ) 弾性変形部の厚さ T を薄くすると、③式及び④式からわかるように振動子のバネ定数 K が小さくなり、共振周波数 f が著しく低下して、高速走査ができなくなる。

(ウ) 弾性変形部の長さ L を長くすると、振動子が大きくなる。

(エ) ヤング率 E の小さな材料を小さくすると③式及び④式からわかるように振動子のバネ定数 K が小さくなり、共振周波数 f が低下して高速走査ができなくなる。

【0015】このように、高速にかつ長時間の使用（長寿命化）は、以上の理由により走査角の減少を招き、光スキャナの小型化に相反することになる。

【0016】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、小型で、長寿命で、しかも低電圧で大きな走査角度が得られる光スキャナを安価で提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の光スキャナは、少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された

振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、前記弾性変形部の厚さ T と前記弾性変形部の長さ L の比 L/T を、ほぼ
 $100 \geq L/T \geq 50$
 とすることを特徴としている。

【0018】本発明の第2の光スキャナは、少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、前記弾性変形部と前記振動入力部との内隅部若しくは前記弾性変形部と前記スキャン部との内隅部に略円弧状のコナを形成し、弾性変形部の幅 W と前記コナの半径 R の比 R/W を、
 $1 < R/W < 2$
 とすることを特徴としている。

【0019】本発明の第3の光スキャナは、少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、前記弾性変形部の前記振動入力部側の端部を前記加振源の表面中央に位置させたことを特徴としている。

【0020】本発明の第4の光スキャナは、少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、少なくとも前記弾性変形部を銅合金やアルミ合金、チタン合金などの減衰係数の小さな金属材料により作成することを特徴としている。特に、ベリリウム銅合金やステンレス鋼SUS631により作成するのが好ましい。さらに、加工後の時効硬化処理の不要な材料により作成するのが好ましい。

【0021】本発明の第5の光スキャナは、少なくとも1つの弾性変形モードを有する弾性変形部と、前記弾性変形部の一端に設けられ、印加された振動を前記弾性変形部に伝える振動入力部と、前記振動入力部の他端に設けられ、前記弾性変形部の弾性変形モードに応じて回転するスキャン部と、前記振動入力部に振動を印加する加振源とを備えた光スキャナにおいて、前記スキャン部を光ビーム反射用のミラー部と前記ミラー部の面積よりも小さな面積の前記ミラー部を支持させるためのミラー支

持部とから構成し、前記ミラー支持部を前記弾性変形部の一端に設けたことを特徴としている。このとき、スキャン部の重心が弾性変形部の中心軸から外れるように、前記ミラー支持部の形状を前記中心軸に対して非対称に形成するのが望ましい。

【0022】上記の各光スキャナにあっては、前記弾性変形部の厚さ T と前記弾性変形部の幅 W の関係を $W \geq T$ とするのがよい。

【0023】

10 【作用】本発明の第1の光スキャナは、弾性変形部の厚さ T とその長さ L の比 L/T を、ほぼ $100 \geq L/T \geq 50$ としたので、疲労強度に関する応力振幅 S_a を低く抑えつつ、共振周波数 f に関する振動子のバネ定数 K を大きく維持し、しかも、弾性変形部の長さ L を短くすることができる。したがって、小型で、長寿命かつ高速走査のできる光スキャナを提供することができる。

【0024】また、本発明の第2の光スキャナにあっては、弾性変形部と振動入力部の内隅部若しくは弾性変形部とスキャン部の内隅部に略円弧状のコナを形成し、弾性変形部の幅 W とこれらのコナの半径 R との比 R/W を、 $1 < R/W < 2$ としているので、振動子に生じる応力集中が緩和されて応力集中による破損が少なくなり、光スキャナの長寿命化を図ることができる。

【0025】さらに、本発明の第3の光スキャナにあっては、弾性変形部の振動入力部側の端部を加振源の表面ほぼ中央に位置させたので、応力振幅 S_a や振動子のバネ定数 K に関する弾性変形部の長さ L を変えることなく、振動子の全長を短くでき、光スキャナを小型化することができる。

20 【0026】また、本発明の第4の光スキャナのよう、少なくとも弾性変形部を銅合金やアルミ合金、チタン合金などの減衰係数の小さな金属材料から作成すれば、落下などの衝撃によっても振動子が破損されず、しかも小さな加振力でもって大きな走査角を得ることができる。このため、加振源を小型化し、加振源の低電圧化を図ることができ、光スキャナの小型化、省電力化が容易になる。

【0027】その中でも、銅合金のうち特にベリリウム銅合金においては減衰係数が小さいだけでなく、疲労強度も大きいので、光スキャナの長寿命化を図ることができる。さらに、これらの材料として、加工後の時効硬化処理の不要な、例えば、ミルハードン材などを用いると、加工後の熱処理で振動子が反るなどの変形の心配がなく、ばらつきの少ない振動子を提供することができる。また、析出硬化系ステンレス鋼の一種であるSUS631を用いても、ベリリウム銅合金と同様な効果を得ることができる。

【0028】本発明の第5の光スキャナにおいて、スキャン部をミラー部とミラー部の面積よりも小さな面積ミラー部を支持させるためのミラー支持部とから構成して

7

いるので、ミラー支持部をミラー部を支持できる最小の形状で構成してスキャン部を軽量化し、振動子の慣性モーメントを低減することができる。したがって、共振周波数 f を大きくすることができ、高速走査ができる。このとき、スキャン部の重心が弾性変形部の中心軸から外れるように、ミラー支持部の形状を非対称とすると、ねじれ変形させるために必要な偏心荷重が不要になり、部品点数の減少ができコストダウンを図ることができる。

【0029】また、上記光スキャナにおいて、弾性変形部の厚さ T とその幅 W を、 $W \geq T$ となるようにしている。振動子は、加振方向と平行な軸回りには回転しにくくなり、必要な走査方向以外の不要な振動モードを低減することができる。また、エッチングや放電加工、プレス加工などの方法によっても振動子を作成することができるが、いずれの方法により作成しても、 $W \geq T$ の方が $W < T$ に比べて製作精度がよく、特性の安定した振動子を実現できる。

【0030】

【実施例】図1に本発明の一実施例による光スキャナ1を示す。この光スキャナ1は、振動子2と圧電素子や磁歪振動子等の微小振動を発生する小形の駆動源6とから構成されている。振動子2は、曲げ変形モードとねじれ変形モードを有するトーションバー状の弾性変形部3の一端に振動入力部4を設け、他端に弾性変形部3に支持されたミラー支持部8と光源からの光ビームを反射させるためのミラー7とからなるスキャン部5が設けられている。すなわち、振動子2は弾性変形部3と振動入力部4とミラー支持部8とが一体として形成された薄板状のプレート9にミラー7が設けられたものである。ミラー7は例えばシリコンウエハに鏡面加工を施して作成することができ、シリコンウエハなどから作成することにより慣性モーメントが小さくなり、高速走査が実現できる。

【0031】図2(a)(b)は、それぞれプレート9の左側面図および平面図であって、プレート9は銅合金やアルミ合金、チタン合金などの減衰係数の小さな材料からプレス加工等により薄板状に作成されている。また、エッチングや放電加工により作成することもできる。特に、ベリリウム銅合金やステンレス鋼SUS631より作成するのが望ましく、また時効硬化処理の不要な例えばミルハードン材やテンションアニール材などを用いるのが好ましい。このプレート9の少なくとも弾性変形部3の厚さ T は、弾性変形部3の幅 W よりも等しいか若しくは小さく(つまり、 $W \geq T$)なるように作成されている。また、弾性変形部3の長さ L は、その長さ L とその厚さ T との比 L/T が、ほぼ $100 \geq L/T \geq 50$ となるように作成されている。さらに、弾性変形部3の幅 W は厚さ T と同じ寸法若しくは厚さ T 以上($W \geq T$)に作成されている。

【0032】ミラー支持部8は、スキャン部5の慣性モー

8

メントを低減させるため、ミラー7を支持できる程度に最小の形状に形成されていて、スキャン部5の重心が振動子2の軸心 P から外れるように、軸心 P に対し非対称な形状例えば、図2に示すようにほぼ逆L字状に形成されている。これにより、従来の光スキャナ51に形成されていた慣性モーメントを発生させるための慣性モーメント発生翼56や重り59を不要にすることができる。また、ミラー支持部8と弾性変形部3との接続部10の内隅に略円弧状のコーナ10aを形成し、弾性変形部3の幅 W と形成されたコーナ10aの半径 R との比 R/W が、 $1 < R/W < 2$ となるように作成されている。

【0033】振動入力部4は、弾性変形部3と振動入力部4との接続部11が駆動源6表面のほぼ中央付近に位置するように形成されていて、駆動源6からの振動が振動入力部4に効率よく入力されるよう凹状に形成されている。また、振動入力部4と弾性変形部3の他端との接続部11の内隅にも略円弧状のコーナ11aを形成し、形成されたコーナ11aの半径 R と弾性変形部3の幅 W との比 R/W が、 $1 < R/W < 2$ となるように作成されている。

【0034】しかして、駆動源6により弾性変形部3の曲げ変形モードの共振周波数 f_s 又は/及びねじれ変形モードの共振周波数 f_t と等しい周波数の振動を振動入力部4へ印加すると、弾性変形部3が当該弾性変形モードで振動し、スキャン部5を曲げ方向(θ_s 方向)又は/及びねじれ方向(θ_t 方向)に回転させる。このとき、スキャン部5のミラー7に光ビームが照射されると、反射された光ビームはスキャン部5の同動角の2倍の走査角で走査される。

【0035】このような振動子2にあっては、弾性変形部3の厚さ T はその幅 W と比べて $T \leq W$ の関係となるように作成されているので、加振方向と平行な軸回り(Z軸回り)には回転しにくくなり、必要な走査方向(θ_s 方向及び θ_t 方向)以外の不要な振動モードを低減することができる。また、 $T \leq W$ の関係にしておくと、エッチングや放電加工あるいはプレス加工によりプレート9を作成する際、 $T > W$ の関係に比べて加工精度を高くすることができ、特性の安定した振動子2を作成することができる。

【0036】また、弾性変形部3の長さ L と厚さ T の関係を、ほぼ $100 \geq L/T \geq 50$ となるように形成しているので、弾性変形部3の長さ L を短くして振動子2を小型化でき、共振周波数 f_s 及び f_t を上げることにより高速走査が可能になる。さらに、応力振幅 S_a が小さくなるので長寿命化を図ることができる。つまり、弾性変形部3の長さ L と厚さ T は、①式からわかるように振動子2の応力振幅 S_a に関係するので、この点からすれば、 L/T は大きくする方が好ましく、 $L/T \geq 50$ くらいにするのがよい。一方、③式及び④式からわかるように振動子2の共振周波数 f_s 及び f_t に関係するので、

この点からは、長さ L は短く、厚さ T は厚くして、 L/T を小さくする方が好ましく、 $100 \geq L/T$ とするのがよい。したがって、長さ L と厚さ T の関係をほぼ $100 \geq L/T \geq 50$ の範囲内に収まるようにすることにより、小型化、長寿命、高速走査の可能な振動子2を作成することができる。

【0037】さらに、振動入力部4と弾性変形部3の接続部11を駆動源6のほぼ中央に位置させるようにして形成しているので、同じ長さの弾性変形部3を有する振動子2に比べて、振動子2の全長を短くすることができ、光スキャナ1を小型化することができる。

【0038】また、弾性変形部3とミラー支持部8若しくは弾性変形部3と振動入力部4との接続部10、11の内隅に略円弧状のコーナ10a、11aを設け、弾性変形部3の幅 W とそれぞれのコーナ10a、11aの半径 R との関係 R/W を、 $1 < R/W < 2$ としているので、それぞれのコーナ10a、11aに発生する集中応力が緩和され、振動子2（プレート9）の破損を少なくすることができる。つまり、振動子2が曲げ方向（ θ_x 方向）に変形した際、弾性変形部3と振動入力部4との接続部11において最大応力が発生する。また、振動子2がねじれ方向（ θ_y 方向）に変形した際、弾性変形部3と振動入力部4側との接続部11及び弾性変形部3とミラー支持部8との接続部10において最大応力が発生する。したがって、これらの接続部10、11において略円弧状のコーナ10a、11aを設けることで集中応力が緩和され、このとき $1 < R/W < 2$ となるようにコーナ10a、11aを形成するのが最も好ましい。

【0039】図3に示すものは、金属材料の強度（引張強さ）と制振係数との関係を示す図である（金属材料便覧より引用）。制振係数とは、金属材料の0.2%耐力を σ_y とし、 $\sigma_y/10$ の表面最大せん断応力振幅を用いてねじり振動法で求めた非減衰能（SDC: specific damping capacity）をいい、非減衰能 $SDC = (\Delta W/W) \times 100$ （%）で求められる。但し、 W は弾性エネルギー、 ΔW は1サイクルあたりのエネルギー損失である。この制振係数が小さいほど振動は減衰しにくい。したがって、青銅（図中の○1）や黄銅（図中の○2）などの銅合金、アルミ合金（図中の○3）、チタン合金（図中の○4）などは制振係数が小さく、すなわち、減衰係数の小さなこれらの材料によりプレート9を作成することにより、小さな加振により大きな走査角が得られ、低電圧でもって駆動源6を駆動させることができる。

【0040】図4には、プレート9の材料としてシリコン及びベリリウム銅合金を使用した光スキャナ1における駆動源6の加振量-走査角特性を測定した比較結果を示す。縦軸には光スキャナ1の走査角（度）を、横軸には加振量として駆動源6の変位量（ μm ）を表わしている。また、図4において実線はねじれ方向（ θ_y 方向）

の走査角を、破線は曲げ方向（ θ_x 方向）の走査角を表わし、黒丸についてはベリリウム銅合金を使用した光スキャナについて測定したものを、白丸についてはシリコンを使用した光スキャナについて測定したものを表わしている。図4から分かるように、ベリリウム銅合金を使用してプレート9を作成すると、曲げ方向（ θ_x 方向）及びねじれ方向（ θ_y 方向）ともにシリコンを使用した場合に比べ、少ない駆動源6の変位量で大きな走査角を得ることができる。

【0041】次に、図5に2つの銅合金、すなわちベリリウム銅合金とリン青銅合金についてそれぞれのSN曲線を示す。図5から分かるように、同じ表面最大応力が加わった場合にはベリリウム銅合金（線イ）の方がリン青銅合金（線ロ）に比べてより多くの繰返し回数に耐えることができ、疲労強度が大きい。したがって、ベリリウム銅合金を用いて振動子2（プレート9）を作成すれば、より長寿命の光スキャナ1を作成することができる。また、ステンレス鋼SUS631もベリリウム銅合金と同様に疲労強度が大きく、ステンレス鋼SUS631を用いてプレート9を作成することにより、光スキャナ1の寿命を延ばすことができる。

【0042】さらに、プレート9は曲げ加工を必要としないので、ベリリウム銅合金やステンレス鋼SUS631の中でも、あらかじめ時効硬化処理を施し高強度化してある材料、例えば、ミルハードン材やテンションアニール材を用いることができる。したがって、このような時効硬化処理を施した材料を用いることにより、プレート9を加丁したのちに熱処理を施す必要がなく、熱処理に伴う反りなどの変形を生じることがない。このため、精度よくプレート9を作成することができ、ばらつきの少ない光スキャナ1を提供することができる。

【0043】

【発明の効果】本発明の第1の光スキャナにあっては、弾性変形部の厚さ T と長さ L の比 L/T を一定の範囲内にすることで、小型で、長寿命かつ高速走査のできる光スキャナを提供することができる。

【0044】また、第2の光スキャナにあっては、弾性変形部の幅 W と弾性変形部両端の振動入力部若しくはスキャン部との内隅部に形成した略円弧状のコーナの半径 R との比 R/W を一定の範囲内にすることで、集中応力を緩和し、光スキャナの寿命を延ばすことができる。

【0045】第3の光スキャナにあっては、弾性変形部の振動入力部側の端部の位置を加振源表面のほぼ中央に位置させることにより、弾性変形部の長さを変えることなく、光スキャナの小型化を図ることができる。

【0046】第4の光スキャナにあっては、少なくとも弾性変形部を減衰係数の小さな金属材料で作成することにより、落下等の衝撃にも強く、小型で省電力化された光スキャナを提供することができる。特に、ベリリウム銅合金、SUS631を用いて作成するのが望ましい。

このとき、時効硬化処理の不要な材料で作成すれば、ばらつきの少ない光スキャナを提供することができる。

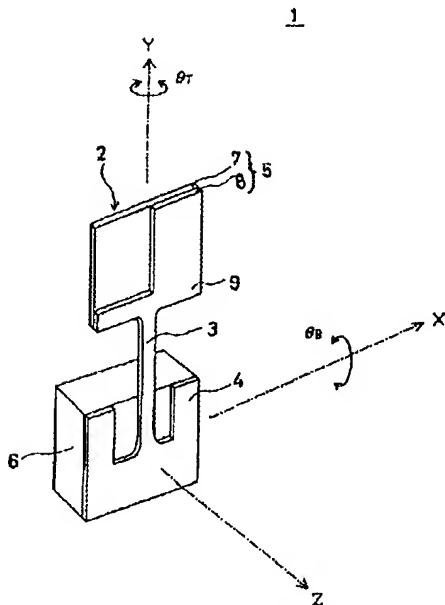
【0047】第5の光スキャナにあっては、スキャン部をミラー部と弾性変形部の一端に接続されたミラー部より小さなミラー支持部とより構成することにより、スキャン部の慣性モーメントを小さくして、高速走査を可能にすることができる。このとき、スキャン部の重心が光スキャナの中心軸から外れるように、ミラー支持部を形成させると、慣性モーメントを発生させるための重り等が不要になり、部品点数の削減、コストダウンを図ることができる。

【0048】上記の光スキャナにおいて、弾性変形部の幅 W を弾性変形部の厚さ T 以上とすることにより、不要な弾性変形モードの振動を少なくし、加工精度を向上することができ、精度よい光スキャナを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である光スキャナを示す斜視図である。

【図1】



【図2】(a) (b)はそれぞれ同上の光スキャナのプレートを示す左側面図及び平面図である。

【図3】金属材料の引張強度と制振係数との関係を示す図である。

【図4】同上の光スキャナにおける駆動源の変位量と走査角との関係を示す図である。

【図5】ベリリウム銅合金とりん青銅合金のSN曲線を示す図である。

【図6】従来例である光スキャナを示す斜視図である。

【図7】別な従来例である光スキャナを示す斜視図である。

【図8】(a) (b)は、SN曲線についての説明図である。

【符号の説明】

2 振動子

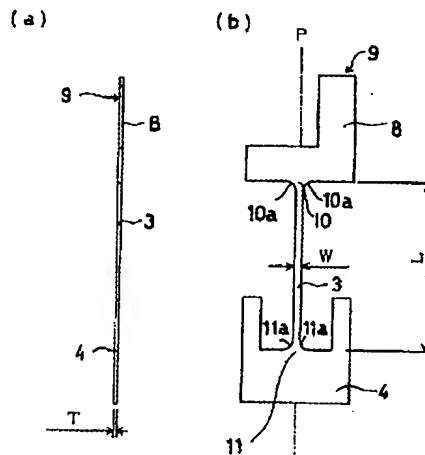
3 弾性変形部

8 ミラー支持部

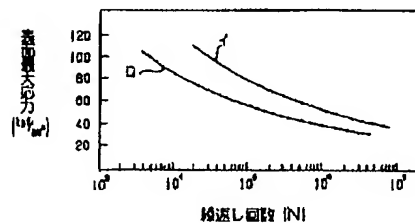
10 弾性変形部とミラー支持部との接続部

11 弾性変形部と振動入力部との接続部

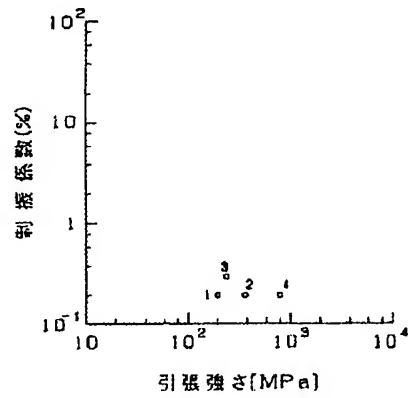
【図2】



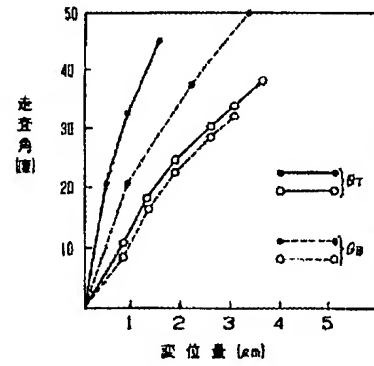
【図5】



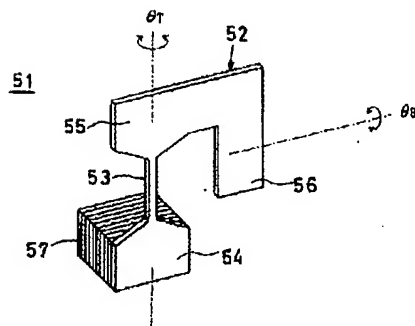
【図3】



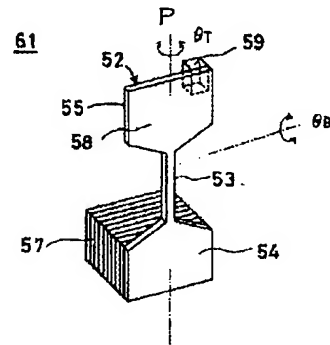
【図4】



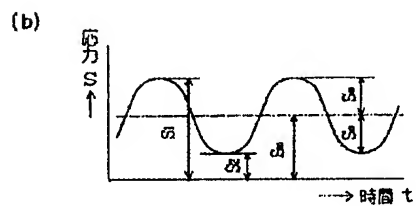
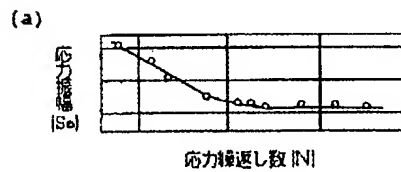
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 入江 篤

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

(72)発明者 米田 匡宏

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

(72)発明者 大倉 清俊

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

(72)発明者 山中 規正

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

(72)発明者 池田 正哲

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内

